

Ac

**Method of working materials with laser beams**

**Patent number:** DE3714504  
**Publication date:** 1988-11-10  
**Inventor:** KAHLERT HANS-JUERGEN DR (DE); SOWADA ULRICH DR (DE)  
**Applicant:** LAMBDA PHYSIK GMBH (DE)  
**Classification:**  
- **international:** B23K26/00  
- **European:** B23K26/06; B23K26/32A; B23K26/40  
**Application number:** DE19873714504 19870430  
**Priority number(s):** DE19873714504 19870430

**Report a data error****Abstract of DE3714504**

In a method of welding or cutting noble metals such as copper, provision is made for a further laser beam, apart from an infrared laser beam, with a wave length in the ultraviolet range to be directed towards the metal surface in order to increase its absorption disposition with regard to the infrared laser irradiation. Plastics or biological tissues can also be worked with two coordinated laser beams. To this end, a first beam with a wave length of 193 nm and a second laser beam with a larger wave length are directed towards the material to be worked.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

AC

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 37 14 504 A 1

⑯ Int. Cl. 4:  
B 23 K 26/00

⑯ Aktenzeichen: P 37 14 504.5  
⑯ Anmeldetag: 30. 4. 87  
⑯ Offenlegungstag: 10. 11. 88

Beiförderneigentum

⑯ Anmelder:

Lambda Physik Gesellschaft zur Herstellung von  
Lasern mbH, 3400 Göttingen, DE

⑯ Erfinder:

Kahlert, Hans-Jürgen, Dr.; Sowada, Ulrich, Dr., 3400  
Göttingen, DE

⑯ Vertreter:

Wuesthoff, F., Dr.-Ing.; Frhr. von Pechmann, E.,  
Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Behrens, D., Dr.-Ing.; Goetz,  
R., Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.; Hellfeld von, A.,  
Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 8000 München

⑯ Verfahren zum Bearbeiten von Materialien mit Laserstrahlen

Bei einem Verfahren zum Schweißen oder Schneiden von Edelmetallen, wie Kupfer, ist vorgesehen, neben einem IR-Laserstrahl einen weiteren Laserstrahl mit einer Wellenlänge im UV-Bereich auf die Metallocberfläche zu richten, um deren Absorptionsbereitschaft bezüglich der IR-Laserstrahlung zu erhöhen. Auch Kunststoffe oder biologische Gewebe lassen sich mit zwei koordinierten Laserstrahlen bearbeiten. Hierzu wird ein erster Strahl der Wellenlänge 193 nm und ein zweiter Laserstrahl mit einer größeren Wellenlänge auf das zu bearbeitende Material gerichtet.

DE 37 14 504 A 1

DE 37 14 504 A 1

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Bearbeiten, insbesondere zum Schweißen oder Schneiden, von solchen Metallen, deren Oberfläche IR-Laserstrahlung stark reflektiert, wie Kupfer, Silber oder Gold, unter Verwendung eines IR-Laserstrahles, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zum IR-Laserstrahl zumindest ein weiterer Laserstrahl anderer Wellenlänge auf die zu bearbeitende Metalloberfläche gerichtet wird, welcher die Absorption der IR-Laserstrahlen im Metall erhöht.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der weitere Laserstrahl eine Wellenlänge im UV-Bereich hat, bevorzugt eine oder mehrere der Excimerlaser-Wellenlängen.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der weitere Laserstrahl gepulst ist.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß auch der IR-Laserstrahl gepulst ist, wobei der weitere Laserstrahl zeitlich und räumlich derart auf den IR-Laserstrahl abgestimmt ist, daß die Einkoppelung des IR-Laserstrahles in das Metall gefördert wird.
5. Verfahren zum Bearbeiten von Kunststoffen oder Gewebe, wie Acrylglass bzw. Augenhornhaut, unter Verwendung eines vom nicht modifizierten Kunststoff bzw. Gewebe gut absorbierbaren Laserstrahls, wie eines Excimer-Laserstrahls der Wellenlänge 193 nm (ArF), dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zum gut absorbierbaren Laserstrahl zumindest ein weiterer Laserstrahl anderer Wellenlänge auf den zu bearbeitenden Kunststoff bzw. das Gewebe gerichtet wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der weitere Laserstrahl ein Excimer-Laserstrahl ist, bevorzugt einschließlich der Wellenlänge 308 nm (XeCl).
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß der gut absorbierbare Laserstrahl und der weitere Laserstrahl als gepulste Strahlen zeitlich und räumlich derart aufeinander abgestimmt werden, daß die Einkoppelung des weiteren Laserstrahls in der Kunststoff bzw. das Gewebe durch den gut absorbierbaren Laserstrahl gefördert wird.

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft Verfahren zum Bearbeiten von Materialien mit Laserstrahlen gemäß den Oberbegriffen der Patentansprüche 1 und 5.

Der Strahlung im Infrarot-Bereich (IR) emittierende CO<sub>2</sub>-Laser hat sich in vielen Anwendungsbereichen als vorteilhaftes Instrument zum Schneiden und Schweißen von verschiedensten metallischen und auch nichtmetallischen Werkstoffen bewährt.

Einige Materialien haben sich aufgrund ihrer Absorptionseigenschaften und ihrer Wärmeleitung aber der Bearbeitung durch CO<sub>2</sub>-Laser entzogen. Dies gilt insbesondere für Edelmetalle wie Kupfer, Silber oder Gold, deren Oberfläche die IR-Strahlung des CO<sub>2</sub>-Lasers wesentlich stärker reflektiert als beispielsweise gut bearbeitbare Stähle. Die Absorption der IR-Laserstrahlung in den genannten Edelmetallen ist zu schwach, um brauchbare Schneid- und Schweißergebnisse zu ermöglichen.

Die Absorption der Strahlung im zu bearbeitenden Metall läßt sich in erster Näherung in zwei Stufen aufteilen:

In der ersten Stufe koppelt der Laserstrahl mit der Metalloberfläche. Bei dieser Koppelung wird aus dem Strahlungsfeld Energie von den Leitungselektronen des Metalls und/oder den Gitterschwingungen aufgenommen, so daß eine lokale Erhitzung erfolgt. Diese Koppelung in der ersten Stufe hängt im wesentlichen von der Leistungsdichte der Laserstrahlung sowie den Oberflächenegenschaften des Metalls ab.

In der zweiten Stufe wird die aus dem Strahlungsfeld in die Metalloberfläche übergegangene Energie durch Wärmeleitung in das Innere des Materials verteilt.

Kupfer (und andere Edelmetalle) hat bezüglich beider Stufen Eigenschaften, die ein Schneiden und Schweißen mit CO<sub>2</sub>-Laserstrahlung bisher weitgehend verhindert haben. Zum einen ist der Absorptionskoeffizient bei der CO<sub>2</sub>-Laserwellenlänge von 10,6 μm sehr gering, so daß der Wirkungsgrad der Energieübertragung in der ersten Stufe sehr schlecht ist, und zum anderen ist die Wärmeleitung in Kupfer bei Raumtemperatur sehr groß, so daß in der zweiten Stufe eine schnelle Abfuhr der Energie aus dem Koppelungsbereich an der Oberfläche stattfindet, wodurch ebenfalls der Schweiß- oder Schneidvorgang behindert wird.

In der Zeitschrift "LASERS & APPLICATIONS", März 1986, S. 59–64, wird ein Verfahren zum Schneiden von Kupferscheiben mit CO<sub>2</sub>-Laserstrahlung beschrieben. Das bekannte Verfahren zeigte aber bisher nur bei deoxidiertem, stark phosphorhaltigem Kupfer brauchbare Ergebnisse. Derartiges Kupfer hat aber im Vergleich zu anderen Kupferarten eine sehr geringe thermische Leitfähigkeit und auch der Absorptionskoeffizient ist wesentlich günstiger als bei anderen Kupferarten. Überdies ist das bekannte Verfahren hinsichtlich der Schweiß- und Schneidleistung begrenzt und verlangt die Einhaltung sehr spezifischer Prozeßparameter.

In dem Buch "LASER/OPTOELEKTRONIK IN DER TECHNIK", Herausgeber: W. Waidelich, Springer-Verlag 1986, S. 480–485, werden Modelle zum Verständnis der bei der Wechselwirkung intensiver IR-Laserstrahlung mit Metalloberflächen auftretenden Phänomene entwickelt. Es wird dort erläutert, daß sich dann im Wechselwirkungsbereich zwischen Strahlung und Festkörper ein Plasma bilden kann, wenn die in der oben erwähnten ersten Stufe im Metall absorbierte Energie größer ist als die in der zweiten Stufe erfolgende Wärmeabfuhr. Im Bereich des erzeugten Plasmas verliert die Metalloberfläche ihre nachteiligen Reflexions-eigenschaften und der Energieübergang aus dem Strahlungsfeld in das Metall wird verbessert. Dabei darf allerdings das Plasma nicht so dicht werden, daß es den Großteil der Strahlungsenergie des Lasers bereits absorbiert, bevor dieser zum darunterliegenden Metall durchdringen kann.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum kostengünstigen, wirksamen Bearbeiten von im IR-Bereich stark reflektierenden Metallen, wie Kupfer, Silber oder Gold, mittels IR-Laserstrahlung zu schaffen.

Die erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe ist im Patentanspruch 1 gekennzeichnet.

Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Ansprüchen 2 bis 4 beschrieben.

Der Erfindungsgedanke, nämlich für den eigentlichen "Arbeitsstrahl" (also den CO<sub>2</sub>-Laserstrahl) noch einen "Hilfsstrahl" vorzusehen, läßt sich nicht nur bei der Be-

arbeitung von im IR-Bereich reflektierenden Metallen vorteilhaft anwenden, sondern auch beim Bearbeiten von Kunststoffen und biologischem Gewebe, wie Acrylglass (auch Plexiglas genannt) bzw. Augenhornhaut (cornea).

Für den Materialabtrag mittels Laserstrahlung bei Kunststoffen oder biologischem Gewebe ist besonders die Wellenlänge 193 nm (ArF) des Excimerlasers geeignet, siehe den Aufsatz von R. Srinivasan in der Zeitschrift "Journal Vac. Sci. Technol." B 1(4), Oct. - Dec. 1983, S. 923 - 926. Nur die Excimer-Laserstrahlung der Wellenlänge 193 nm wird von den in Rede stehenden Materialien gut absorbiert, um einen befriedigenden Materialabtrag zu ermöglichen. Die anderen vom Excimer-Laser emittierten Wellenlängen sind weniger geeignet.

Allerdings hat die Laserstrahlung der Wellenlänge 193 nm gegenüber den anderen Wellenlängen erhebliche Nachteile. Zum einen ist die Emission des Excimer-Lasers bei 193 nm wesentlich geringer als bei anderen Wellenlängen wie z.B. bei 308 nm (XeCl) und zum anderen hat ein Laserstrahl der Wellenlänge 193 nm den Nachteil, daß diese Strahlung im Sauerstoff der Luft absorbiert wird und daß die optischen Komponenten zur Strahlsteuerung aus Quarzglas oder noch teurerem Material gefertigt sein müssen.

Der Erfindung liegt deshalb weiterhin die Aufgabe zugrunde, auch ein Verfahren zum Bearbeiten von Kunststoffen oder biologischem Gewebe mittels Laserstrahlung anzugeben, welches im Vergleich mit dem Stand der Technik wirksamer und kostengünstiger ist.

Die erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe ist im Patentanspruch 5 gekennzeichnet.

In den Patentansprüchen 6 und 7 sind vorteilhafte Ausgestaltungen beschrieben.

Gemäß der Erfindung wird also der relativ leistungs schwache Laserstrahl mit 193 nm Wellenlänge zunächst als "Hilfsstrahl" auf das zu bearbeitende Material gerichtet, um dieses derart zu modifizieren, daß seine Absorptionseigenschaften bezüglich anderer Wellenlängen verbessert werden. Beispielsweise führt die Absorption der Strahlung von 193 nm zur Bildung von Farbzentren im Material, welche die Absorption bei einer längeren Wellenlänge von z.B. 308 nm (XeCl) ermöglichen oder verbessern.

Alle Lösungsvarianten der Erfindung sind bezüglich beider jeweils eingesetzten Laserstrahlen sowohl für gepulste als auch für kontinuierliche Lasertypen geeignet. Bei zwei gepulsten Strahlquellen müssen beide zeitlich (und selbstverständlich auch räumlich) koordiniert werden.

Wird ein gepulster Laserstrahl als "Hilfsstrahl" zusammen mit einem kontinuierlichen "Arbeitsstrahl" eingesetzt, so ist der Zeitpunkt des Auftreffens des gepulsten Strahles auf das Material jeweils maßgeblich für den Beginn der Materialbearbeitung.

Werden zwei kontinuierliche Strahlquellen eingesetzt, so kommt es nur auf die räumliche Koordination an.

Anhand einer schematischen Zeichnung soll die Erfindung näher erläutert werden.

Die Figur zeigt ein Material, das mittels Laserstrahlung bearbeitet werden soll.

Bei dem Material kann es sich um ein Edelmetall, wie Kupfer, Silber oder Gold handeln, welches geschweißt oder geschnitten werden soll. In diesem Falle wird ein erster Laserstrahl  $L_1$  auf die Oberfläche des zu bearbeitenden Materials fokussiert (Fokus  $F$ ). Beim ersten La-

serstrahl  $L_1$  handelt es sich um einen Excimer-Laserstrahl, wobei alle bekannten Excimerlaser-Wellenlängen gut geeignet sind, also z.B. 193 nm (ArF), 248 nm (KrF), 308 nm (XeCl) und 351 nm (XeF). Die Oberfläche des Edelmetalls absorbiert hinreichend UV-Strahlung, um die Oberfläche so zu ändern, daß ihre Absorption bezüglich des IR-Laserstrahls  $L_2$  verbessert wird. Mittels des "Hilfs-Strahls"  $L_1$  wird also die Oberfläche des Materials so präpariert, daß der IR-Strahl  $L_2$  eines CO<sub>2</sub>-Lasers mit hohem Wirkungsgrad in das Material eingekoppelt wird. Bei diesem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann also der erste Laserstrahl  $L_1$  in Form eines UV-Laserblitzes als Initiator für die Einkoppelung der z.B. kontinuierlichen IR-Laserstrahlung angesehen werden.

Auch die zweite Variante der Erfindung, nämlich die Bearbeitung von Kunststoffen oder biologischem Gewebe soll anhand der gleichen Figur erläutert werden. In diesem Falle handelt es sich bei dem Material nicht um ein Edelmetall, sondern um einen Kunststoff, wie z.B. Acrylglass, oder ein biologisches Gewebe, wie z.B. die Augenhornhaut.

Der erste, das Material präparierende Laserstrahl  $L_1$  ist bei diesem Ausführungsbeispiel ein Excimer-Laserstrahl der Wellenlänge 193 nm (ArF), welcher im Material gut absorbiert wird. Beim zweiten Laserstrahl  $L_2$  handelt es sich um einen Excimer-Laserstrahl anderer Wellenlänge, z.B. bei 308 nm (XeCl), welcher bei Abwesenheit des Laserstrahls  $L_1$  vom Material nicht oder nur mit sehr geringem Wirkungsgrad absorbiert wird.

Der Laserstrahl der Wellenlänge 193 nm präpariert das Material derart, daß die Absorption des Materials beim wesentlich leistungsstarken Laserstrahl mit geringerer Wellenlänge ermöglicht oder verbessert wird.

3714504

Nummer:

Int. Cl. 4:

Anmeldetag:

Offenlegungstag:

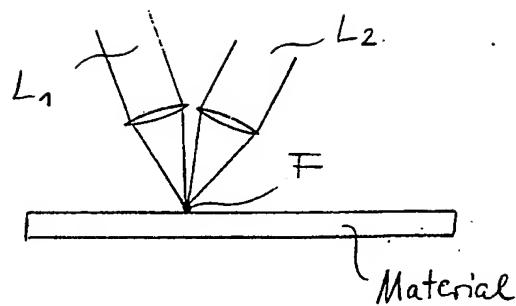
Fig. 14.11. 8

37 14 504

B 23 K 26/00

30. April 1987

10. November 1988



LAMBDA PHYSIK  
LA-61 296

808 845/336